

携帯電話の格納場所の判定 ～鞆への格納状態の認識～

河内 智志[†] 藤波 香織[†]

[†] 東京農工大学工学府情報工学専攻

1. はじめに

近年、センサを搭載したスマートフォンの普及が進んでおり、それに伴い携帯電話を利用したウェアラブルセンシングの研究が増加している[1][2][3]。しかしウェアラブルセンシングにおいてはセンサの装着場所が非常に重要な因子であり、装着の自由度が高い携帯電話をそのままセンサデバイスとして利用することは難しい。

この問題に対し、我々は携帯電話に内蔵された加速度センサを用いた格納場所判定手法を提案し、平均で 91.0%の正解率を得た[4]。しかし、ここでは身体上格納場所の判定のみを対象としており、鞆への格納は考慮していなかった。大型なものが多いスマートフォンは鞆への収納機会も多いと考えられる。そこで本稿では鞆を含めた携帯電話の格納場所判定手法の設計と評価について報告する。

2. 格納場所判定手法

2.1. 判定可能な格納場所

分類器は 6 か所の候補から現在の格納場所を選択する。候補の場所とは 5 か所の身体上格納場所（ズボン前ポケット、ズボン後ろポケット、胸ポケット、首から提げる、ジャケットのポケット）および鞆の中である。鞆には多種多様な種類が存在し、いかなる鞆を用いる場合でも正しい判定を行うことが必要である。本稿では鞆を図 1に示す 4 種類（リュックサック、ハンドバッグ、ショルダーバッグ、袈裟がけ鞆）に大別し偏りなく扱う。



図 1 格納場所の候補

2.2. 判定手順

格納場所の判定には、携帯電話に内蔵された 3 軸加速度センサを用いて、256 サンプルの加速度データからウィンドウを作成し特徴量の計算を行う

(サンプリング周波数 25Hz, スライド幅 64 サンプル)。次に、分類器によって格納場所の判定を行う。分類器はニューラルネットワークの一種である多層パーセプトロンにより実現し、パラメータは LNKnet[5]を用いて決定した。

特徴量は先行研究および関連研究[2]を参考にし抽出したものの中から、LNKnet が持つ特徴量選択機能（分類器に多層パーセプトロンを用いた前方探索）により、認識への貢献度が高いもの 30 種類を選定した。例えば、式(1)に表される二乗平均平方根 Y_{rms} を用いている。なお $Y(t)$ は時刻 t における Y 軸の加速度の値を示す。

$$Y_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} Y(t)^2} \quad (1)$$

他にウィンドウ内の x 軸加速度の 75 パーセントイル値や、 y 軸加速度と z 軸加速度の相関係数、 y 軸加速度値に高速フーリエ変換を適用して得られた振幅が最大となる周波数などを利用した。

3. 鞆を含めた判定精度の検証

3.1. 加速度データの収集

データ収集の協力者は Android 携帯電話を身体上格納場所および鞆の中に格納した状態で歩行を行い、加速度データの収集を行った。協力者は 20 代の男女 24 人（うち女性 4 名）であり、HTC 社 Nexus One を使用して平坦な道路で格納場所 1 か所あたり 5 分間の歩行を行った。これは特徴量ベクトル 77 サンプル分にあたる。また、利用する鞆は 4 種類 26 品目を用意し、1 人につき 4 品目ずつの歩行データを収集した。

3.2. 検証方法

収集した加速度データについてオフライン判定を行い、その精度を検証する。検証にはデータを 6 人ずつ 4 つのグループに分け、1 グループをテストデータに、それ以外の 3 グループを学習データとして利用する 4 分割交差検定法を用いた。つまり、ある人物に対する格納場所判定では、別の人物から得られたデータで構築した分類器を用いている。

3.3. 結果と考察

判定結果は表 1に示すとおりである。全体の判定精度は 73.7%であった。表 1中の“再現率”とはある格納場所における加速度データを正しく判定した割合を、“適合率”とは判定結果のうち正しく元の格納場所を示した割合を意味する。

A Study About Recognizing a Smart Phone's Position Including Bags

Satoshi Kouchi[†] Kaori Fujinami[†]

[†] Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

表 1から分かるように、携帯電話を首から掲げている状態に関しては適合率、再現率ともに高い値を示した。首から掲げている状態においては携帯電話が鉛直方向に向くこと、体との密着度が小さく他の格納場所と比べて不規則な揺れが生じることが要因だと推測される。携帯電話による環境センシングへの応用を考えた場合に重要であることは、センサ機器が外気にさらされているか否かである。唯一外気に触れる格納場所である首を高精度に判定できたことで、首以外で保持されている場合には警告したり処理から除外するなど、高信頼な計測が可能となると考えている。

一方、携帯電話がジャケットのポケットおよび胸ポケットにある場合の再現率は低かった。どちらも鞆への誤判定が非常に多く、ジャケットについてはその他格納場所への誤判定も多い。適合率については、ジャケットと鞆の判定において誤りが多く、約 60%という結果であった。全体として特に鞆への誤判定は非常に多い。結論として、格納方向が安定しやすい首に関しては判定精度が高く、一方で安定しない鞆およびジャケットに関して精度が低くなり、次いでズボン前後間における誤判定が多いと言える。鞆およびジャケットについては、携帯電話が縦向きになりやすい他の格納場所と異なり、格納場所の広さと形状の多様性から携帯電話が縦横さらには画面が上向きになるなど、格納方向が定まらない場所であることが誤判定を増やした原因だと考える。また、ズボン前後についてはどちらも歩行者の脚部に存在することから、選定した特徴量から加速度パターン之差を抽出することが不十分だったと考える。

また表 1の結果には含まれていないが各種類の鞆について、リュックサックは身体上格納場所への誤判定が少なく、対して袈裟がけ鞆は誤判定が多い傾向にあった。リュックサックは両肩のベルトにより固定しやすいこと、背中に近い位置に身体上格納場所の候補がなかったことがその要因であると考えられる。後者の要因については手に掲げるハンドバッグおよび肩に掲げるショルダーバッグについても当てはまる条件と言える。一方で袈裟がけ鞆は多くの協力者の場合に腰部付近に位置し、ズボン後やジャケットと近い位置にあった。また、ベルトも長めで鞆に動きがあった。これらから袈裟がけ鞆はリュックサックが満たした 2つの条件

をどちらも満たしていない。このために袈裟がけ鞆の誤判定が多い傾向にあったと考える。

3.4. 今後の課題

3.3節の実験結果から携帯電話の向きが格納場所判定の精度に影響を与える可能性が示唆された。検証する際のテストデータにおいても加速度軸が学習データと同じ方向とは限らない。重力加速度など一定の基準を設けて加速度軸を定めることで精度が向上する可能性がある。

また、本稿では単一ウィンドウの判定結果のみを対象としたが、時系列上で前後に存在する複数ウィンドウの判定結果を用いた平滑化によって、信頼度の低い誤判定の除去が可能と考えている。このとき、単なる多数決ではなく、個々の判定に対する「確信度」を用いることも検討に値する。

4. おわりに

本稿では、歩行中における携帯電話の格納場所の判定に関する初期検討を行った。検証の結果、判定精度は 73.7%であり、判定精度が特に低い場所はジャケットのポケットと鞆であることが確認された。今後は端末の姿勢を考慮した格納場所判定と平滑化について検討を行う予定である。

謝辞 本研究は、科学研究費補助金（基盤研究(A): 23240014）ならびに（財）栢森情報科学振興財団の助成を受けたものである。

参 考 文 献

- [1] Y. Shi, et al., "A rotation based method for detecting on-body positions of mobile devices". In Proc. of UbiComp 2011, pp.559-560, 2011.
- [2] Jennifer R. K., et al., "Activity Recognition using Cell Phone Accelerometers", ACM SIGKDD Explorations Newsletter, Vol. 12, Issue 2, pp.74-82, 2010.
- [3] M. Okamoto, et al, "Annotating knowledge work lifelog: term extraction from sensor and operation history", in Proc. CIKM, pp.2581-2584, 2011.
- [4] 河内 ほか, "携帯端末の身体上格納場所判定機能のスマートフォンへの実装", インタラクシオン 2011, pp.531-534, 2011.
- [5] MIT Lincoln Laboratory, LNKnet, URL: <http://www.ll.mit.edu/mission/communications/ist/lnknet/index.html>

表 1 格納場所判定の結果（縦：判定結果，横：本来の格納場所）

	ズボン前	ズボン後	胸	首	ジャケット	鞆	再現率
ズボン前	1087	210	14	27	56	84	73.6%
ズボン後	177	1194	31	1	34	125	76.4%
胸	4	25	1003	8	76	413	65.6%
首	1	0	0	1485	9	37	96.9%
ジャケット	108	62	66	47	625	543	43.0%
鞆	47	83	110	6	111	1670	82.4%
適合率	76.3%	75.9%	81.9%	94.4%	68.6%	58.2%	73.7%